



F10000956268

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU  
UTLAGGNINGSSKRIFT

95626

C (45) Patentti myönnetty  
Patent meddelat 26 02 1996

(51) Kv.1k.6 - Int.cl.6

G 01N 27/02

SUOMI-FINLAND

(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus  
Patent- och registerstyrelsen

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	934267
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	29.09.93
(24) Alkupäivä - Löpdag	29.09.93
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	30.03.95
(44) Nähtäväksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	15.11.95

(71) Hakija - Sökande

1. Vaisala Oy, PL 26, 00421 Helsinki, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Paukkunen, Ari, Vuorilehdonkuja B 1, 01200 Vantaa, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Forssén &amp; Salomaa Oy

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

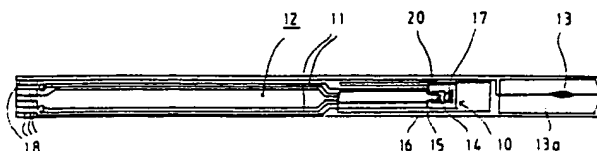
Menetelmä ja järjestely kosteuden mittauksessa, etenkin radiosondeissa  
Förfarande och arrangemang vid mätning av fuktighet speciellt i radiosonder

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Menetelmä ja anturijärjestely suhteellisen kosteuden mittaamiseksi etenkin radiosondeissa (100). Kosteusanturissa (14) käytetään aktiivista materiaalia, jonka sähköiset ominaisuudet ovat sen absorboiman vesimäärän funktio. Kosteusanturia (14) lämmitetään sen pinnalle ja/tai ympäristöön kertyneen jään, huurteen tai tiivistyneen kosteuden poistamiseksi. Kosteusanturin (14) lämpötilaa (T) ja/tai ulkolämpötilaa (T<sub>a</sub>) havaitaan ja tätä/näitä suureita käytetään hyväksi kosteusmittausarvojen (U) laskemisessa. Kosteusanturia (14) suojataan sen ympärille järjestetyllä mekaanisella suojarakenteella (10). Suojarakennetta (10) lämmitetään ympäristöään korkeampaan lämpötilaan niin, että kosteusanturiin (14) ja sen läheisyydessä oleviin rakenteisiin ei tapahdu kosteuden olennaista tiivistymistä eikä jäätymistä.

Förfarande och givararrangemang för mätning av relativ fuktighet genom att utnyttja en fuktighetsgivare (14), speciellt i radiosonder (100). I fuktighetsgivaren (14) används aktivt material, vars elektriska egenskaper är en funktion av den absorberade vattenmängden. Fuktgivaren (14) värms upp för att avlägsna is, frost eller kondenserad fuktighet som samlats upp på dess yta och/eller i omgivningen. Temperaturen (T) av fuktighetsgivaren (14) och/eller utetemperaturen (T<sub>a</sub>) observeras och denna/dessa storheter utnyttjas vid uträkningen av mätvärdena på fuktigheten (U). Fuktighetsgivaren (14) skyddas med en mekanisk skyddskonstruktion (10) som anordnats kring denna. Skyddskonstruktion (10) värms upp till en temperatur som är högre än omgivningens så att ingen väsentlig kondensering eller nedisning sker i konstruktionerna av fuktighetsgivaren (14) eller i närheten av denna.



BEST AVAILABLE COPY

Menetelmä ja järjestely kosteuden mittauksessa,  
etenkin radiosondeissa  
Förfarande och arrangemang vid mätning av fuktighet  
speciellt i radiosonder

5

Keksinnön kohteena on menetelmä suhteellisen kosteuden mittaamiseksi  
kosteusanturia hyväksikäyttäen, etenkin radiosondeissa, jossa kos-  
10 teusanturissa käytetään aktiivista materiaalia, jonka sähköiset ominai-  
suudet ovat sen absorboiman vesimäärän funktio, jossa menetelmässä  
mainittua anturia lämmitetään sen pinnalle ja/tai ympäristöön kertyneen  
jään, huurteen tai tiivistyneen kosteuden poistamiseksi, jossa menetel-  
mässä kosteusanturin lämpötilaa ja/tai ulkolämpötilaa havaitaan ja  
15 tätä/näitä suureita käytetään hyväksi kosteusmittausarvojen laskemi-  
sessa ja jossa menetelmässä kosteusanturia suojataan sen ympärille  
järjestetyllä mekaanisella suojarakenteella.

Lisäksi keksinnön kohteena on anturijärjestely, etenkin radiosondeihin,  
20 ympäristön suhteellisen kosteuden mittaamiseksi, joka anturijärjestely  
käsittää kosteusmittausanturin ja sen lämpötilan mittausanturin sekä  
mainittuja antureita ympäröivän suojuksen, johon anturijärjestelyyn  
kuuluu lämmitysvastus, johon syötetään sähkövirtaa, jolla lämmitetään  
kosteusanturia ja sen ympäristöä ja johon järjestelyyn lisäksi kuuluu  
25 ulkoisen lämpötilan mittausanturi.

Ennestään tunnetaan useita erilaisia sähköisesti ilmaistuja lämpötila-  
ja kosteusantureita, joiden impedanssi muuttuu mitattavan suureen funk-  
tiona. Tällaisia kosteusantureita tunnetaan esim. US-patenteista n:o  
30 3168829 ja 3350941 sekä hakijan FI-patentista n:o 48229.

Esillä olevan keksinnön tekniikan tasoon osaltaan liittyy FI-patentti  
n:o 48229, jossa on esitetty kapasitiivinen kosteusanturi, jossa die-  
lektrisenä eristeaineena on polymeerikalvo, jonka permittiivisyys on  
35 polymerikalvon absorboiman vesimäärän funktio.

Ennestään tunnetusti käytetään myös lämpötilan mittaamiseen kapasitiiv-  
isia antureita, jotka perustuvat yleensä siihen, että kondensaattori-

levyjen välisen eristeaineen permittiivisyys on lämpötilasta riippuva, jolloin myös anturin navoista havaittu kapasitanssi riippuu lämpötilasta.

- 5 Edellä esitetyissä ja muissakin impedanssin muutokseen perustuvissa antureissa esiintyy ei-toivottuja ilmiöitä, joita ovat mm. antureiden jäätyminen ja kastuminen, säteilyvirhe, antureiden hitaus ja hystereesis.
- 10 Hakijan FI-patenttihakemuksessa 58402 on esitetty menetelmä sähköisen, impedanssin muutokseen perustuvan, kosteusanturin palautuvien muutosten aiheuttamien ei-haluttujen ominaisuuksien pienentämiseksi, etenkin kapasitiivisessa kosteusanturissa, jonka kosteudelle herkkänä materiaalina on orgaaninen polymeeri, jota lämmitetään, ainakin suuremmilla
- 15 suhteellisilla kosteuksilla, kosteusanturin ympäristön lämpötilaa suurempaan lämpötilaan. Anturin lämmitystehoa voidaan tarvittaessa säätää mitattavan kosteuden funktiona. Mainituissa FI-patentissa mitataan kosteusanturin lämpötila ja/tai ulkolämpötila ja tätä tai näitä apusuureita käytetään hyväksi kosteusmittausarvojen laskemisessa.
- 20 Tekniikan tason osalta lisäksi viitataan hakijan FI-patenttiin 58 403 (vastaava GB-patentti 2 047 431), jossa on esitetty säätölaite kosteusanturissa, joka käsittää siltakytkennän tai vastaavan, joka sisältää lämpötilasta riippuvaisia vastuselementtejä, joiden avulla havaitaan
- 25 anturin ulkoinen lämpötila ja itse anturin lämpötila  $T_s$  ja jonka siltakytkennän erojännitettä käytetään takaisinkytkentäsignaalina, jolla säädetään anturia lämmittävää sähkötehoa.

- Esillä olevaan keksintöön liittyvän tekniikan tason osalta lisäksi
- 30 viitataan hakijan FI-patenttiin 85 770 (vastaava US-patentti 5156045), jossa on esitetty menetelmä radiosondien impedanssiantureiden yhteydessä, jossa menetelmässä mitataan anturin tai antureiden lämpötilaa termoparilla, jonka termoelementtien toisen haaran liitos sijoitetaan mitattavan anturin yhteyteen tai tuntumaan ja jonka termoparin toisen
- 35 haaran liitos sijoitetaan anturia ympäröivään atmosfääriin ja jossa menetelmässä mainitulla termoparilla havaitaan anturin yhteydessä val-

litsevan lämpötilan ja ympäröivän atmosfäärin lämpötilan eroa, jota edustavalla sähkösignaalilla vaikutetaan radiosondin mittauskytkennän lähtösignaaliin, joka sisältää tiedon anturilla tai antureilla mitattavasta meteorologisesta suureesta tai suureista.

5

Esillä olevan keksinnön yleistarkoituksena on kehittää edelleen ennestään tunnettua suhteellisen kosteuden mittaustekniikkaa etenkin radiosondisovellutuksissa siten, että myöhemmin tarkemmin selostettavat epäkohdat vältetään.

10

Keksinnön eräänä tarkoituksena on aikaansaada uudet mittausmenetelmät ja anturit, etenkin radiosondikäyttöön, jossa kapasitiivinen kosteusanturi joutuu niin suureen kosteuteen, että anturitoiminta huononee ja vettä, huurretta ja/tai jäätä kerääntyy ja kondensoituu anturin aktiiviselle pinnalle tai sen ympäristön rakenteisiin. Kun tällainen häiriötilanne on ohi, kestää kauan ennen kuin vesi tai jää ovat haihtuneet, minkä ajan anturi antaa tietenkin väärän, liian suurta kosteutta ilmoittavan viestin. Edellä mainitussa FI-patentissa 58402 esitetty kapasitiivisen kosteusanturin lämmityksellä voidaan edellä mainittuja epäkohtia välttää, mutta tyydyttävästi ratkaisemattomana ongelmana jää edelleen se, että riittävän tarkan kosteusmittauksen aikaansaamiseksi kosteusanturin lämpötilakin on tunnettava hyvin tarkkaan. Suhteellisen kosteuden - 1-2 %:n mittaustarkkuuden aikaansaamiseksi on anturin lämpötila saatava mitatuksi - 0,1°C:n tarkkuudella. Lämpötilan mittauksessa voi olla enemmän absoluuttista virhettä, mutta lämpötilaero ympäristöön nähden on tunnettava mainitulla tarkkuudella. Keksinnön päätarkoituksena onkin aikaansaada sellainen kosteusanturi, jota käyttäen voidaan välttää kosteusanturin pinnalle ja/tai sen ympäristön rakenteisiin veden tiivistymisen ja jäätyamisen aiheuttamat epäkohdat, esimerkiksi silloin, kun radiosondi lentää alijäähtyneessä pilvessä.

Keksinnön tarkoituksena on aikaansaada sellainen mittausmenetelmä ja anturit, jossa suhteellinen kosteus voidaan mitata ainakin edellä mainitulla tarkkuudella - 1-2 %. Lisäksi keksinnön tarkoituksena on aikaansaada sellainen mittausmenetelmä ja anturit, jotka soveltuvat erityisen hyvin kertakäyttöisiin radiosondeihin niin, että keksinnön mene-

35

telmää ja antureita käyttäen anturijärjestely saadaan yksinkertaiseksi, kevytrakenteiseksi ja suurivolyymituotannossa muutenkin taloudelliseksi.

- 5 Edellä kosketeltuja ongelmia on yritetty ratkaista myös käyttämällä mekaanisia suojuksia sateen esteenä. Täysin tyydyttävästi toimivia ratkaisuja edellä käsiteltyjen ongelmien poistamiseksi ei ole toistaiseksi esitetty. Yleisesti tunnetuissa tavoissa ongelma ei ole poistunut tai vielä tavallisemmin saavutettu kosteusmittauksen tarkkuus ei ole
- 10 riittävä. Mainitut suojarakenteet itsessään ovat kodensoitumiskeskuksia ja aiheuttavat kosteusmittausongelmia.

- Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on kehittää edelleen edellä selostettua tekniikan tasoa, etenkin radiosondisovellusten osalta. Kuitenkin korostettakoon jo tässä yhteydessä, että keksinnön mukaista menetelmää voidaan käyttää muuallakin kuin radiosondeissa, esim. maan-
- 15 pinnalla tapahtuvia kosteusmittauslaitteissa, kuten ympäristömittauksissa tai teollisuudessa.

- 20 Keksinnön tarkoituksena on saada aikaan uusi menetelmä ja laite, jossa voidaan edellä kosketellut ongelmat pääasiallisesti ratkaista ja epäkohdat eliminoida.

- Edellä esitettyihin ja myöhemmin selviäviin päämääriin pääsemiseksi keksinnön menetelmälle on pääasiallisesti tunnusomaista se, että mainittua suojarakennetta lämmitetään ympäristöään korkeampaan lämpötilaan siten, että pääasiassa muuten kuin johtumalla siirtyneellä lämmöllä nostetaan kosteusanturin ja sen läheisyydessä olevien rakenteiden lämpötilaa niin, ettei niihin kosteuden olennaista tiivistymistä eikä
- 30 jäätymistä tapahdu.

- Keksinnön mukaisella laitteella on puolestaan pääasiallisesti tunnusomaista se, että mainittu lämmitysvastus on järjestetty mainitun suojuksen yhteyteen lämmittämään kosteusanturia ja sen ympäristöä mainitun suojuksen ja/tai siihen kuuluvan osan välityksellä siten, että
- 35 lämpöenergia siirtyy kosteusanturin ja suojuksen ympäristöön pääasiassa muuten kuin johtumalla.

Keksinnöllisenä ajatuksena on se, että lämmitetään suojarakennetta, jolloin se ja anturi ympäristöineen ja rakenteineen kaikkineen lämpiää, samoin mitattava ilma. Tällöin mittausta haittaava ilmiö poistuu, tiivistymistä ei tapahdu pintoihin, jotka ovat ympäristöä korkeammassa lämpötilassa. Oleellista on siis, että lämmitys tapahtuu anturisuojuksen yhteydessä olevalla lämmitysjärjestelyllä, josta lämpö siirtyy pääasiassa muuten kuin johtumalla ympäristöön (ilma ja anturi ympäristöineen ja tukirakenteineen). Haittaava jää tai yleensä kosteus voi olla myös itse anturin kosteutta mittaavan alueen ulkopuolella ja aiheuttaa haihtuessaan mittausta vääristävän paikallisen mikroilmaston. Oleellista on myös, että itse suojus lämpiää, koska siihen saattaa kertyä ja jäädä haittaavaa kosteutta.

Koska keksinnön yhteydessä kosteusanturia lämmitetään ja sillä tällöin mitataan kosteutta, täytyy kosteusanturin lämpötila mitata. Kun tiedetään lämmittämättömän ilman lämpötila ja anturin lämpötila, voidaan anturilla mitattu suhteellinen kosteus korjata esim. kylläisen höyrynpaineen suhteella oikeaksi kosteudeksi. Mukaan voidaan ottaa myös muita korjaustermejä. Anturin lämmitystä voidaan säätää eri tavoin. Yksinkertaisin tapa on kytkeä lämmitysvastuksen kanssa lämpötilasta riippuva vastus siten, että tropopaussein tasolla (-50...-80°C) lämmitys on jo melkein kokonaan pois, jolloin turha ja mittausta vaikeuttava lämmitys jää pois.

Keksintöä sovellettaessa kosteusanturin muodolla ja koolla ei sinänsä ole merkitystä, jos pysytään kohtuudessa, mutta suhteellisen pieni massaisuus ja pieni koko ovat eduksi. Kosteusanturin lämpötila voidaan mitata joko siihen mekaanisesti liitetyllä lämpötila-anturilla tai integroimalla lämpötilamittaus osaksi kosteusanturia. Kolmas tapa mitata kosteusanturin lämpötila on käyttää mahdollisimman ohuiden ja pitkien johtimien päässä olevaa pientä lämpötila-anturia. Anturi on tällöin ilmassa suojarakenteen sisäpuolella. Muilla tavoilla lämmönsiirto on häiriöalttiimpaa ilmavirtauksien vaihteluille, joita tapahtuu huomattavasti esimerkiksi sondikäytössä. Lämpötila- ja kosteusmittauksella tulee olla lähes sama aikavakio, koska muutoin molempien virheet summautuvat erilaisilla aikavakioilla mitattuun ja laskettuun kosteusar-

voon. Anturitoteutuksen tulee olla etenkin radiosondisovelluksissa massatuotantoon hyvin soveltuva.

Huomioon otettavia tekijöitä ovat ainakin sateen estäminen, säteilyläm-  
5 mön keräämisen minimointi, hyvä ilmavirtaus anturille ja kosteuden  
sekä jään keräämisen minimointi. Anturisuojuksen materiaalin sinänsä ei  
tarvitse olla hyvä lämmönjohde, jos muulla sen rakenneosalla esim. me-  
tallikalvolla tarvittaessa lisätään lämmönjohtavuutta. Lämmittävän ra-  
kenteen liittäminen anturisuojaukseen voi tapahtua hyvin erilaisilla  
10 tavoilla. Samoin lämmittävä rakenne on toteutettavissa monella eri  
tavalla. Lämmitysvastus on esim. vastuslankaa, joka on liitetty antu-  
risuojukseen eri tavoilla taitettuna tai kierrettynä ja kiinnitetty  
esim. liimaamalla tai suojusmateriaalin sisässä. Lämmitysvastuksena  
saattaa toimia myös suojuksen pinnalla oleva esim. höyrystetty tai lii-  
15 mattu vastuskalvo, joka voi olla myös anturisuojuksen rakenteiden vä-  
lissä.

Lämmitys voi tapahtua jatkuvana, eri tavoin jaksotettuna tai muuten  
säädetysti. Lämmityksen säätö tarvittaessa voi tapahtua useilla eri  
20 tavoilla ohjattuna esim. lämpötilan mittaukseen perustuen tai aikasää-  
dettyinä. Yksinkertaisimmillaan säätö on toteutettavissa lämpötilasta  
riipuvalla lämmitysvastuksen kanssa sarjaan tai rinnakkain kytketyllä  
vastuksella. Säädon tarkoituksena on toisaalta lämmittää sopivassa mää-  
rin ja toisaalta lopettaa lämmitys, kun se ei ole enää tarpeen, vaan  
25 pikemminkin haitaksi.

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisesti viittaamalla  
oheisen piirustuksen kuvioissa esitettyihin keksinnön eräisiin sovel-  
lusympäristöihin ja -esimerkkeihin, joiden yksityiskohtiin keksintöä ei  
30 ole rajoitettu.

Kuvio 1 esittää kaaviollisesti keksinnön sovellusympäristönä toimivaa  
radiosondia.

35 Kuvio 2 on yleiskuva keksinnön mukaisesta anturijärjestelystä ja sen  
tukirakenteesta.

Kuvio 3 esittää aksonometrisesti keksinnön mukaisen anturijärjestelyn yleiskuvaa.

Kuvio 4 esittää keskeistä aksiaalileikkausta kuvion 3 mukaisesta anturijärjestelystä.

Kuvio 5 havainnollistaa keskeisenä aksiaalileikkauksena keksinnön mukaisen anturijärjestelyn toimintaa.

10 Kuvio 6 esittää anturijärjestelyn sähköistä kytkentää.

Kuvio 7 esittää lohkokaaaviona radiosondin mittausjärjestelmää, johon keksinnön mukainen anturijärjestely osana kuuluu.

15 Kuvio 8 esittää testattua radiosondijärjestelmää, johon keksinnön mukainen anturijärjestely osana kuuluu.

Kuviot 9A-9G esittävät keksinnön mukaisen lämmitetyn anturisuojuksen erilaisia rakennevariaatioita aksonometrisesti tai keskeisinä aksiaalileikkauksina.

25 Kuviossa 1 on esitetty keksinnön sovellusympäristöksi radiosondi 100, joka nousee langan 101 yläpään kiinnitetyn sondipallon (ei esitetty) varassa yläilmoihin. Radiosondin 100 toisesta sivusta ulkonee keksinnön mukainen anturilaite, josta kuviossa 1 näkyy anturisuojus 10, piirilevy 12, anturin johdinkuviot 11 sekä ulkoilman lämpötila-anturi 13, joka on piirilevyn 12 yläpäässä olevan aukon 13a yhteydessä.

30 Kuviossa 2 on esitetty tarkemmin anturijärjestely tukirakenteineen, johon kuuluvan piirilevyn 12 yhteyteen on kiinnitetty kosteusanturi 14 ja sen lämpötila-anturi 17. Anturit 14 ja 17 on sijoitettu lieriömäisen anturisuojuksen 10 sisälle. Antureista 14 ja 17 lähtevät johtimet 15 ja 16 piirilevyn 12 johdinkuvioille 11, jotka välittävät anturien 14 ja 17 mittaussignaalit liitosten 18 välityksellä radiosondin 100 mittaus-

35 elektroniikkaan.



Kuvioissa 3 ja 4 on esitetty tarkemmin anturijärjestelyn ja sen anturisuojuksen 10 rakenne. Suojuksena 10 on ulkopinnaltaan aluminoitu 10a muovisuojus, jonka avoimen alapään ulkoreunassa on lämmitysvastuslanka 20 eristeliiman 21 sisällä. Suojuksen 10 ulkopinnan metallointi lisää  
 5 lämmönjohtumista sähkövastuksesta 20 ja toimii myös säteilysuojana, joka heijastaa auringonsäteilyä suojuksesta 10. Kuvion 4 mukaisesti antureista 14 ja 17 sekä lämmitysvastuksesta 20 lähtevät johtimet 15, 16, 19 piirilevyn 12 johdinkuvioille 11. Suojuksen 10 sisähalkaisija D on tyypillisesti  $D \approx 5$  mm ja suojuksen korkeus H tyypillisesti  
 10  $H \approx 10$  mm. Kosteusanturin 14 mitat ovat tyypillisesti  $4 \times 4 \times 0,4$  mm. Piirilevyn 12 mitat ovat tyypillisesti 10 mm x 130 mm. Muut edulliset mitat ovat pääteltävissä esim. kuvioista 2 em. mittoihin suhteutettuna.

Kuviossa 5 on havainnollistettu keksinnön mukaisen anturijärjestelyn  
 15 toiminnan periaatetta. Suojuksen 10 ulkopinnalla oleva sähkövastus 20 lämmittää suojusta 10 ja siitä säteilee lämpöä nuolten  $H_{in}$  suunnassa suojuksen 10 sisällepäin lämmittäen antureita 14 ja 17 ja niiden ympäristöä. Vastuksesta 20 ja suojuksesta 10 säteilee lämpöä myös suojuksen 10 ulkopuolelle nuolten  $H_{out}$  suunnassa, mikä säteily lämmittää suojuksen  
 20 10 ulkopuolisen ympäristön ilmaa ja tukirakenteita 12 ja muita ympäristön rakenteita. Oleellista on, että lämpö siirtyy vastuksesta 20 ja suojuksesta 10 ympäristöön pääasiassa muuten kuin johtumalla. Näin ollen saadaan anturit 14 ja 17, suojus 10 ja sen ympäristön ilma- ja muut rakenteet lämmitetyksi niin, että haitallista kosteuden tiivistymistä ja jäätymistä ei esiinny antureissa 14; 17 ja niiden läheisyydessä  
 25 olevissa rakenteissa.

Kuviossa 6 on esitetty keksinnön mukaisen anturikokonaisuuden sähköinen  
 30 kytkentä, johon kuuluu suojuksen 10 lämmitysvastus 20, jonka resistanssia R voidaan tarvittaessa säätää myöhemmin tarkemmin selviävällä tavalla. Lisäksi kytkentään kuuluu kosteusanturin 14 lämpötilan T mittaustanturi 17 sekä itse kosteusanturi 14, joka mittaa ympäristönsä suhteellista kosteutta U. Anturit 14 ja 17 voivat olla joko resistiivisiä tai kapasitiivisiä kosteus- ja lämpötila-antureita.

Kuviossa 7 on esitetty keksintöä soveltavan mittausjärjestelmän periaate pääasiallisesti lohkokaaviona. Suojuksen 10 sisällä olevan kosteus-  
anturin 14 mittaussignaali U siirretään johtimin 15 mittauselektronii-  
kalle 31, johon tulee lämpötilasignaali  $T_a$  myös ympäristön lämpötila-  
5 anturilta 13. Kosteusanturin 14 lämpötila-anturi 17 antaa mittautsietonsa T johtimien 16 kautta säätö- ja säädön mittauselektroniikalle 30, joka ohjaa suojuksen 10 yhteydessä olevan lämmitysvastuksen 20 lämmitysvirtaa  $I_g$ . Elektroniikkayksikölle 30 voidaan tuoda myös erillinen säätösignaali kuten anturi- tai aikasignaali, mitä kuvaa katkoviivoin  
10 piirretty yksikkö 35. Tehoyksikkö 32 syöttää sekä säätöelektroniikkayksikköä 30 että mittauselektroniikkayksikköä 31. Mittauselektroniikkayksiköltä 31 samoin kuin säätöelektroniikkayksiköltä 30 viedään signaalit korjaus- ja kompensointilaskentayksikölle, joka mm. kompensoi ja anturin anturin lämpötilasignaalin T perusteella kosteusanturin 14 mittaus-  
15 signaalia U. Lopullinen kosteuslukema näytetään ja/tai käsitellään edelleen yksikössä 34.

Kuviossa 8 on esitetty keksinnön anturijärjestelyä soveltava radiosondi telemetrijärjestelmineen, jota on käytännössä kokeiltu myöhemmin selostettavin koetuloksien. Järjestelmä on anturijärjestelmän osalta olennaisesti edellä selostetun kaltainen, ja suojuksen 10 sisällä oleva kosteusanturi 14 ja sen lämpötila-anturi 17 antavat mittaussignaalin U ja T anturien mittausoskillaattorille 40. Mittausoskillaattorille 40 johdetaan myös sondin ulkopuolisen lämpötilan  $T_a$  mittautsieto anturilta  
20 13 sekä ulkoilman paineen P mittautsieto anturilta 36. Yksikkö 42 säätää suojuksen 30 lämmitysvastuksen 20 lämmitystä tehonsäätöyksikön 43 välityksellä. Yksikön 43 aktiivisena säätöelementtinä on esim. NTC-vastus. Mittausoskillaattori 40 ohjaa mittautsiedon maahanlähetyksyksikköä 41, joka lähettää sinänsä tunnetusti telemetriyhteyden TM välityksellä  
30 mittautsiedot sondista 100 maahan, jossa ne vastaanotetaan vastaanottoyksiköllä 44. Vastaanottoyksikköön 44 tulee myös aikasignaali t ulkopuoliselta kellolta 37. Yksikkö 44 antaa mittautsiedot yksikölle 45, jossa suoritetaan korjaus- ja muu laskenta kosteus- ja muille mittautsiedoille. Lopullinen kosteuslukema ja muut mittautsiedot näytetään  
35 ja/tai käsitellään edelleen yksikössä 46. Yksiköt 44, 45 ja 46 kuuluvat meteorologisen havaintoaseman maajärjestelmiin 110.

Kuvioissa 9A-9C on esitetty kaaviollisesti anturisuojuksen 10 yhteyteen sovitettun lämmitysvastuksen 20 erilaisia toteutusmuotoja. Suojus 10 on varustettu ulkopuolelta heijastavalla eriste- ja johdekerroksella 10a. Tämä kerros 10a toimii lämmönjohtumisen tehosteena sekä ulkopuolisen säteilyn heijastimena. Muutoin suojaus 10 on sopivimmin muovirakenteinen.

Kuvion 9A mukaisesti suojauksen 10 avoimen puolen alareunan yhteyteen on kierretty vastuslankaa 20A, joka on kiinnitetty ja eristetty esim. liimakerroksen 21 sisään.

Kuvion 9B mukaisesti lämmitysvastus 20B muodostuu sik-sak-muotoon tavutellusta vastuslangasta, joka on kiinnitetty esim. liimakiinnityksellä.

Kuvion 9C mukaisesti suojauksen 10 alareunaan on kiinnitetty sylinterimäinen eristekappale 22, jonka uraan 23 on käämitty lämmitysvastus 20C. Kappaleessa 22 on suojuksen 10 sisälle avautuva keskeinen pyöreä aukko 24. Kappale 22 on kiinnitetty suojauksen 10 aukon alaosan yhteyteen esim. liimalla tai ura-uloke-kiinnityksellä.

Kuviossa 9D on esitetty sellainen toteutus, jossa kierretty tai sik-sak-vastuslanka on valettu muovia olevan suojuksen 10 alareunan sisälle niin, että vastuksen 20D johdot 19 ulottuvat suojuksen 10 ulkopuolelle.

Kuviossa 9E on esitetty sellainen rakenne, jossa suojuksen 10 sisälle olennaisesti koko sen aksiaaliselle pituudelle on järjestetty kelarungon tapainen sisekappale 26, jossa olevaan uratilaan 29 on käämitty vastuslanka 20E. Kappaleen 26 keskeinen aksiaalinen aukko 24 rajoittaa pääasiallisesti suojuksen 10 sisätilan.

Kuviossa 9F on esitetty sellainen keksinnön toteutus, jossa suojuksen 10 ulkopinnalle sen avoimen pään reunan puolelle on kiinnitetty lämmitysvastukseksi 20F vastuskalvo 27 tai vastaava sähkövastus on tehty suoraan höyrystämällä suojauksen 10 ulkopinnalle.

Kuviossa 9G on esitetty kuvion 9E mukaisen rakenteen modifikaatio, jossa on sylinterimäinen sisekappale 28, jonka ulkopinnalle on kiinnitetty kalvovastus 20G, joka kiinnitetään suojauksen 10 sisäpintaa vasten.

5

Kaikille kuvioissa 3,4,5 ja 9A-9G esitetyille sovellusmuodoille on yhteisenä piirteenä se, että käytetään kupumaista suojausta, jonka toinen pää on suljettu ja toinen avoin ja avoimelle puolelle on järjestetty suojauksen koko kehän ympäri ulottuva lämmitysvastus 20,20A,20B,20C, 10 20D,20F. Kuviot 9E ja 9G esittävät sellaiset toteutusmuodot, jossa lämmitysvastukset 20A ja 20G ulottuvat suojauksen 20 aksiaalisuunnassa olennaisesti koko sen korkeudelle H.

Keksintöä testattiin kuvion 8 mukaisessa radiosondisovelluksessa, jolloin käytettiin pitkien johtimien päässä olevaa pientä (halkaisija alle 15 2 mm, pituus n. 2 mm) kapasitiivista anturia 17 lämpötilamittaukseen, joka anturi 17 oli ilmassa suojauksen 10 sisällä kosteusanturin 14 (mitat: 4 x 4 x 0,4 mm) yläpuolella. Anturilämpötilan T mittaus onnistui hyvin ainakin tällä rakenteella ja laskennallinen korjaus oli yksinkertainen. Suojauksen 10 lämmitys on kokeissa toteutettu kiertämällä 20 sen alareunaan muovisuojauksen 10 päälle vastuslankaa 20A (n. 900 ohm). Vastuslangan 20A päällä oli eristeliima 21 ja koko suojuus 10 oli päällystetty normaalisti alumiinihöyrystyksellä. Lämmitysvastuksen 20A johtimet 19 jatkuivat piirilevyn 12 kontaktipisteisiin asti.

25

Em. kytkennästä saatiin maksimissaan  $P_H \approx 440$  mW:n lämmitysteho. Testeissä riittävä lämmitysteho todettiin olevan jo alueella  $P_H \approx 250 \dots 100$  mW. Joissakin testeissä käytettiin sarjassa lämmitysvastuksen kanssa myös lämpötilariippuvaista NTC-vastusta siten, että lämmitys väheni voimakkaasti oltaessa tropopausin yläpuolella stratosfäärissä. Kuvio 4 on 30 rakennekuva testatusta anturi/lämmitys-systeemistä. Tämä anturivaihtoehto on massatuotannollisesti toteutettavissa ja perusidea on riippumaton anturin tukirakenteiden ja suojauksen rakenteista. Muutoin radiosondi oli periaatteiltaan ja mittaustekniikaltaan normaali hakijan 35 radiosondi.

Keksinnössä vastukseen 20-20G syötettävän sähkötehon  $P_H$  voidaan arvioida olevan yleensä alueella  $P_H \approx 1 \text{ mW} \dots 10 \text{ W}$  ja sondisovelluksissa edullisimmin  $P_H \approx 1 \text{ mW} \dots 1 \text{ W}$ . Kosteusanturin 14 lämpötila-anturin 17 lämpötilan T mittausvirheen on edullisimmin oltava rajoissa  $0,1 \dots 0,2^\circ\text{C}$ .

- 5 Massaltaan kosteus- ja lämpötila-anturit 14,17 ovat edullisimmin samaa suuruusluokkaa tai ainakin aikavakioltaan samaa luokkaa.

- Kosteusanturin 14 lämmittämistä ei ole syytä tehdä liian suurella teholla lisääntyvien mittausepäätarkkuuksien vuoksi. Edullisinta on, että
- 10 lämmitettäessä kosteusanturin 14 lukema muuttuu korkeintaan n. 50 %, edullisimmin vain n. 5...30 %.

- Seuraavassa esitetään patenttivaatimukset, joiden määrittelemän keksinnöllisen ajatuksen puitteissa keksinnön eri yksityiskohdat voivat vaihdella ja poiketa edellä vain esimerkinomaisesti esitetystä.
- 15

## Patenttivaatimukset

1. Menetelmä suhteellisen kosteuden mittaamiseksi kosteusanturia (14) hyväksikäyttäen, etenkin radiosondeissa (100), jossa kosteusanturissa  
5 (14) käytetään aktiivista materiaalia, jonka sähköiset ominaisuudet ovat sen absorboiman vesimäärän funktio, jossa menetelmässä mainittua anturia (14) lämmitetään sen pinnalle ja/tai ympäristöön kertyneen jään, huurteen tai tiivistyneen kosteuden poistamiseksi, jossa menetelmässä kosteusanturin (14) lämpötilaa ( $T$ ) ja/tai ulkolämpötilaa ( $T_a$ ) ha-  
10 vaitaan ja tätä/näitä suureita käytetään hyväksi kosteusmittausarvojen ( $U$ ) laskemisessa ja jossa menetelmässä kosteusanturia (14) suojataan sen ympärille järjestetyllä mekaanisella suojarakenteella (10),  
t u n n e t t u siitä, että mainittua suojarakennetta (10) lämmitetään ympäristöään korkeampaan lämpötilaan siten, että pääasiassa muuten kuin  
15 johtumalla siirtyneellä lämmöllä nostetaan kosteusanturin (14) ja sen läheisyydessä olevien rakenteiden lämpötilaa niin, ettei niihin kosteuden olennaista tiivistymistä eikä jäätymistä tapahdu.
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä,  
20 että mainittua suojarakennetta (10) lämmitetään sähköisesti sen yhteydessä olevalla sähkölämmitysvastuksella (20-20G).
3. Patenttivaatimuksen 2 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että suojarakenteen (10) yhteydessä olevaan sähkövastukseen (20) syötettävän sähkövirran ( $I_E$ ) voimakkuus järjestetään säädettäväksi lämmitystarpeen mukaisesti.  
25
4. Patenttivaatimuksen 3 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että mainittu säätö suoritetaan ulkoisen lämpötilan ( $T_a$ ) perusteella,  
30 radiosondisovellutuksissa sopivimmin siten, että tropopauassin tasolla ( $T_a \approx -50 \dots -80^\circ\text{C}$ ) lämmitys tulee olennaisesti poiskytketyksi.
5. Jonkin patenttivaatimuksen 1-5 mukainen menetelmä, t u n n e t t u siitä, että anturin (14) suojusrakenteen lämmityksen sähköteho  $P_E$  on  
35 valittu alueelta  $P_E \approx 1 \text{ mW} \dots 10 \text{ W}$ , radiosondisovellutuksissa sopivimmin  $P_E \approx 1 \text{ mW} \dots 1 \text{ W}$ .

6. Anturijärjestely, etenkin radiosondeihin, ympäristön suhteellisen kosteuden (U) mittaamiseksi, joka anturijärjestely käsittää kosteusmittausanturin (14) ja sen lämpötilan (T) mittausanturin (17) sekä mainittuja antureita (14,17) ympäröivän suojuksen (10), johon anturijärjestelyyn kuuluu lämmitysvastus (20-20G), johon syötetään sähkövirtaa (I<sub>B</sub>), jolla lämmitetään kosteusanturia (14) ja sen ympäristöä ja johon järjestelyyn lisäksi kuuluu ulkoisen lämpötilan mittausanturi (13),  
5 t u n n e t t u siitä, että mainittu lämmitysvastus (20-20G) on järjestetty mainitun suojuksen (10) yhteyteen lämmittämään kosteusanturia (14) ja sen ympäristöä mainitun suojuksen (10) ja/tai siihen kuuluvan osan (22;26;28) välityksellä siten, että lämpöenergia siirtyy kosteusanturin (14) ja suojuksen (10) ympäristöön pääasiassa muuten kuin johtamalla.

15 7. Patenttivaatimuksen 6 mukainen anturijärjestely, jossa suojuksena on kuppimainen toisesta päästään ainakin osittain avoin suojus (20-20G), jonka sisään mainittu kosteusanturi (14) ja sen lämpötila-anturi (17) on sijoitettu, t u n n e t t u siitä, että mainitun suojuksen (10) yhteyteen ainakin sen avoimen puolen osalle on järjestetty sähkövastus  
20 (20;20A;20B;20C;20D;20F), johon on syötettävissä lämmitysvirta (I<sub>B</sub>).

8. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen anturijärjestely, t u n n e t t u siitä, että mainitun sähkövastuksen muodostaa suojuksen (10) avoimen puolen reunaan kiedottu vastuslanka (20A), sik-sak-muotoon  
25 taivuteltu vastuslanka (20B), suojuksen eristemateriaalin sisälle upotettu vastuslanka (20D) ja/tai suojuksen ulkopinnalle suoraan höyrytetty tai liimattu vastuskalvo (20F).

9. Patenttivaatimuksen 6 tai 7 mukainen anturijärjestely, t u n n e t t u siitä, että suojuksen (10) sisälle on kiinnitetty eristekappale (22;26), jossa olevaan uratilaan tai vastaavaan on käämitty vastuslankaa (20C;20D).

10. Jonkin patenttivaatimuksen 6-9 mukainen anturijärjestely, t u n n e t t u siitä, että suojuksen (10) sisälle on järjestetty sen olennaiselle aksiaaliselle pituudelle (H) ulottuva sisekappale (26;28), jonka ympärille suojuksen (10) sisäpintaa vasten on järjestetty vastus-

langasta (20E) ja/tai kalvovastuksesta (20G) muodostuva suojuksen (10) lämmitysvastus (kuviot 9E ja 9G).

11. Jonkin patenttivaatimuksen 6-10 mukainen anturijärjestely, t u n -  
5 n e t t u siitä, että anturijärjestelyyn kuuluu mittauselektroniikka-  
yksikkö (31), johon on kytketty kosteusanturi (14) ja ulkoisen lämpö-  
tilan ( $T_a$ ) mittausanturi (13), että anturijärjestelyyn kuuluu säätö-  
ja/tai säädön mittauselektroniikkayksikkö (30), johon on kytketty kos-  
teusanturin (14) lämpötilan (T) mittausanturi (17) ja joka yksikkö (30)  
10 on järjestetty säätämään suojukseen (20) syötettävää sähkövirtaa ( $I_g$ ) ja  
että mainitut yksiköt (30,31) on liitetty korjaus- ja kompensointilas-  
kentayksikköön (33), josta on saatavissa lämpötilakompensoitu kosteus-  
lukema (kuvio 7).



## Patentkrav

1. Förfarande för mätning av relativ fuktighet genom att utnyttja en fuktighetsgivare (14), speciellt i radiosonder (100), i vilken fuktig-  
5 hetsgivare (14) man använder aktivt material, vars elektriska egen- skaper är en funktion av den absorberade vattenmängden, vid vilket förfarande nämnda givare (14) värms upp för att avlägsna is, frost eller kondenserad fuktighet som samlats upp på dess yta och/eller i omgivningen, vid vilket förfarande temperaturen (T) av fuktighetsgiva-  
10 ren (14) och/eller utetemperaturen ( $T_a$ ) observeras och denna/dessa storheter utnyttjas vid uträkningen av mätvärdena på fuktigheten (U) och vid vilket förfarande fuktighetsgivaren (14) skyddas med en meka- nisk skyddskonstruktion (10) som anordnats kring denna, k ä n n e - t e c k n a t därav, att nämnda skyddskonstruktion (10) värms upp till  
15 en temperatur som är högre än omgivningens på sådant sätt, att tempera- turen på fuktighetsgivaren (14) och konstruktionerna i närheten av denna höjs i huvudsak på annat sätt är genom konvektion så att ingen väsentlig kondensering eller nedisning sker i dessa.
- 20 2. Förfarande enligt patentkrav 1, k ä n n e t e c k n a t därav, att nämnda skyddskonstruktion (10) värms upp elektrisk med ett elvärmemot- stånd (20-20G) i samband med denna.
3. Förfarande enligt patentkrav 2, k ä n n e t e c k n a t därav, att  
25 styrkan på elströmmen ( $I_E$ ) som matas till elmotståndet (20) i samband med skyddskonstruktionen (10) anordnas att regleras efter uppvärmnings- behovet.
4. Förfarande enligt patentkrav 3, k ä n n e t e c k n a t därav, att  
30 nämnda reglering utförs på basen av den yttre temperaturen ( $T_a$ ), i radiosondtillämpningar lämpligast på sådant sätt, att på tropopausnivån ( $T_a \approx -50 \dots -80 \text{ }^\circ\text{C}$ ) blir uppvärmningen väsentligen fränkopplad.
5. Förfarande enligt patentkraven 1-5, k ä n n e t e c k n a t därav,  
35 att den elektriska effekten  $P_E$  av uppvärmningen av skyddskonstruktionen av givaren (14) är vald inom området  $P_E \approx 1 \text{ mW} \dots 10 \text{ W}$ , i radiosondtill- lämpningar lämpligast  $P_E \approx 1 \text{ mW} \dots 1 \text{ W}$ .

6. Givararrangemang, speciellt till radiosonder, för mätning av den relativa fuktigheten (U) i omgivningen, vilket givararrangemang innefattar en fuktighetsgivare (14) och en givare (17) för mätning av dess temperatur (T) samt ett skydd (10) som omger nämnda givare (14,17),  
5 till vilket givararrangemang hör ett värmemotstånd (20-20G), till vilket man matar en elström ( $I_H$ ), med vilken man värmer upp fuktighetsgivaren (14) och dess omgivning och till vilket arrangemang vidare hör en givare (13) för mätning av den yttre temperaturen, k ä n n e -  
t e c k n a t därav, att nämnda värmemotstånd (20-20G) är anordnat i  
10 förbindelse med nämnda skydd (10) för att värma upp fuktighetsgivaren (14) och dess omgivning genom förmedling av nämnda skydd (10) och/eller delen (22;26;28) som hör till detta på sådant sätt, att värmeenergi överförs till omgivningen av fuktighetsgivaren (14) och skyddet (10) i huvudsak på annat sätt än genom ledning.
- 15
7. Givararrangemang enligt patentkrav 7, där skyddet utgörs av ett koppformigt skydd (20-20G), vars ena ända är åtminstone delvis öppet, innanför vilket nämnda fuktighetsgivare (14) och dess temperaturgivare (17) är placerade, k ä n n e t e c k n a t därav, att i förbindelse  
20 med nämnda skydd (10) åtminstone på den öppna sidans del har anordnats ett värmemotstånd (20;20A;20B;20C;20D;20F), till vilket man kan mata en uppvärmningsström ( $I_H$ ).
- 25
8. Givararrangemang enligt patentkrav 6 eller 7, k ä n n e t e c k -  
n a t därav, att nämnda elmotstånd bildas av en motståndstråd (20A) som lindats upp vid kanten av den öppna sidan av skyddet (10), en motståndstråd (20B) som böjts i sick-sack-form, en motståndstråd (20D) som fällts in innanför isoleringsmaterialet av skyddet och/eller en motståndsfilm (20F) som limmats eller förångats direkt vid den yttre ytan  
30 av skyddet.
9. Givararrangemang enligt patentkrav 6 eller 7, k ä n n e t e c k -  
n a t därav, att innanför skyddet (10) har fästs ett isoleringsstycke (22;26) i vars spårutrymme eller motsvarande en motståndstråd (20C;20D)  
35 är upplindad.
10. Givararrangemang enligt något av patentkraven 6-9, k ä n n e -  
t e c k n a t därav, att innanför skyddet (10) har anordnats ett in-

nerstycke (26;28) som sträcker sig över en väsentlig axiell längd (H), kring vilken man mot den inre ytan av skyddet (10) anordnat ett värmemotstånd för skyddet (10) som består av en motståndstråd (20E) och/eller ett membranmotstånd (20G) (figurerna 9E och 9G).

5

11. Givararrangemang enligt något av patentkraven 6-10, k ä n n e - t e c k n a t därav, att till givararrangemanget hör en mätelektronikenhet (31), till vilken man kopplat en fuktighetsgivare (14) och en givare (13) för mätning av den yttre temperaturen ( $T_a$ ), att till

10

givararrangemanget hör en reglerenhet och/eller en mätelektronikenhet (30) för regleringen, till vilken kopplats en givare (17) för mätning av temperaturen (T) av fuktighetsgivaren (17) och vilken enhet (30) är anordnad att reglera elströmmen ( $I_B$ ) som matas till skyddet (20) och att nämnda enheter (30,31) är anslutna till en korrigerings- och kompanse-

15

ringsräkneenhet (33), därifrån man kan få en temperaturkompenserad fuktavläsning (figur 7).

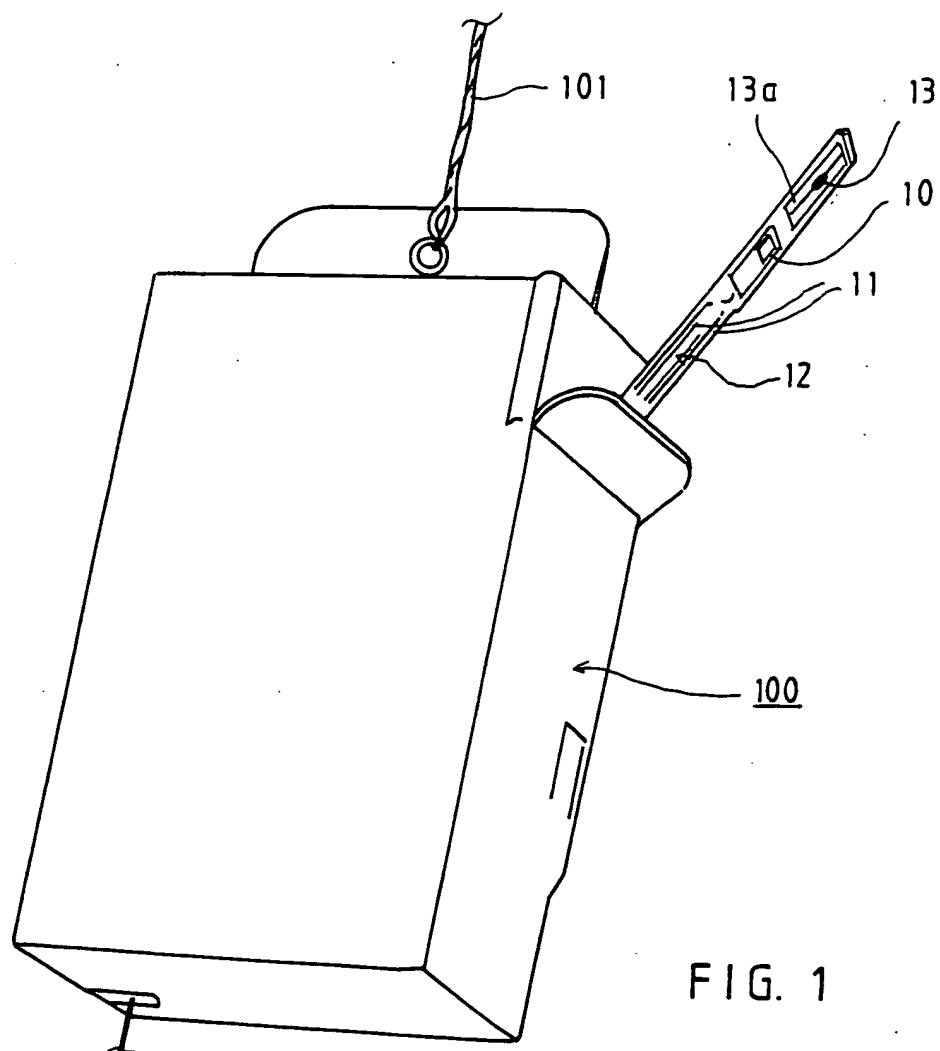


FIG. 1

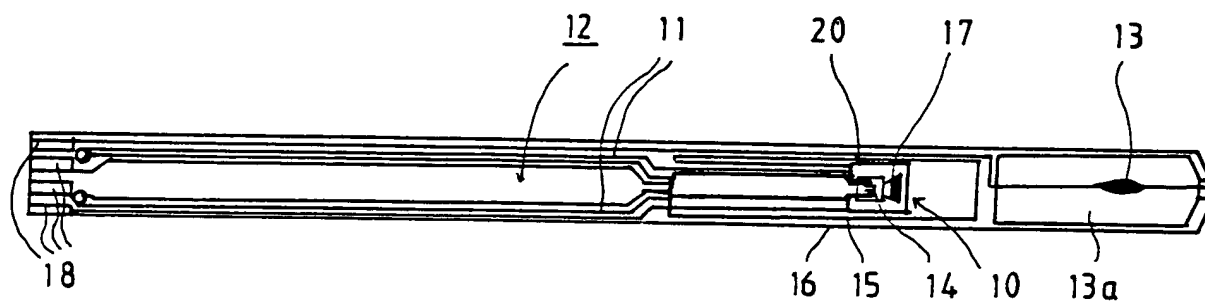


FIG. 2

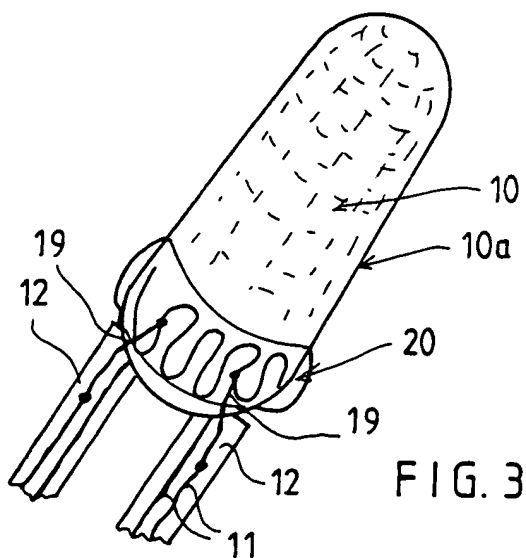


FIG. 3

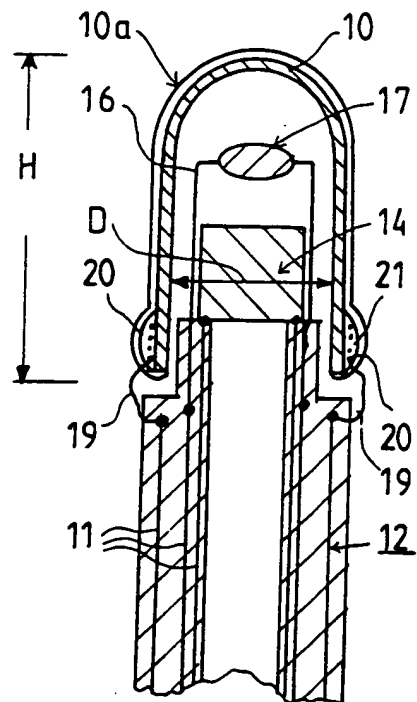


FIG. 4

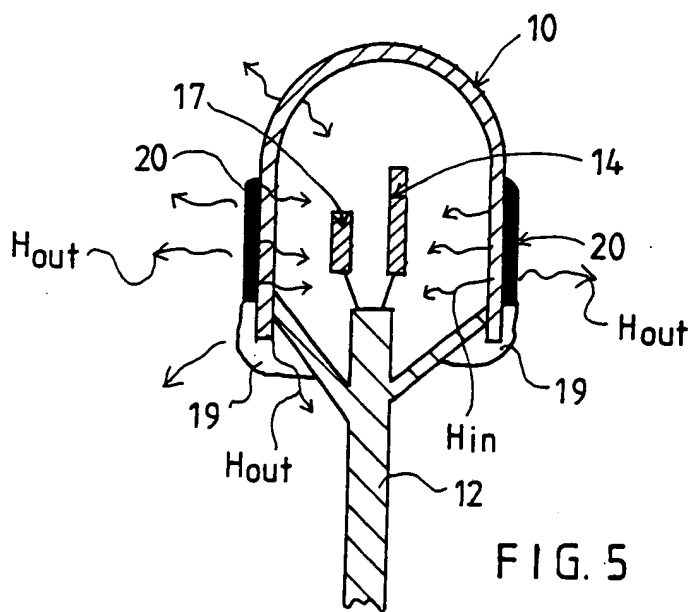


FIG. 5

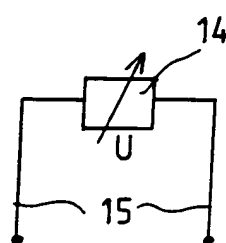
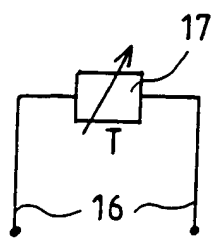
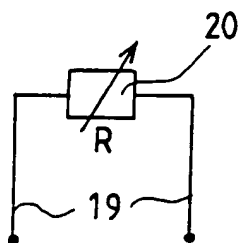
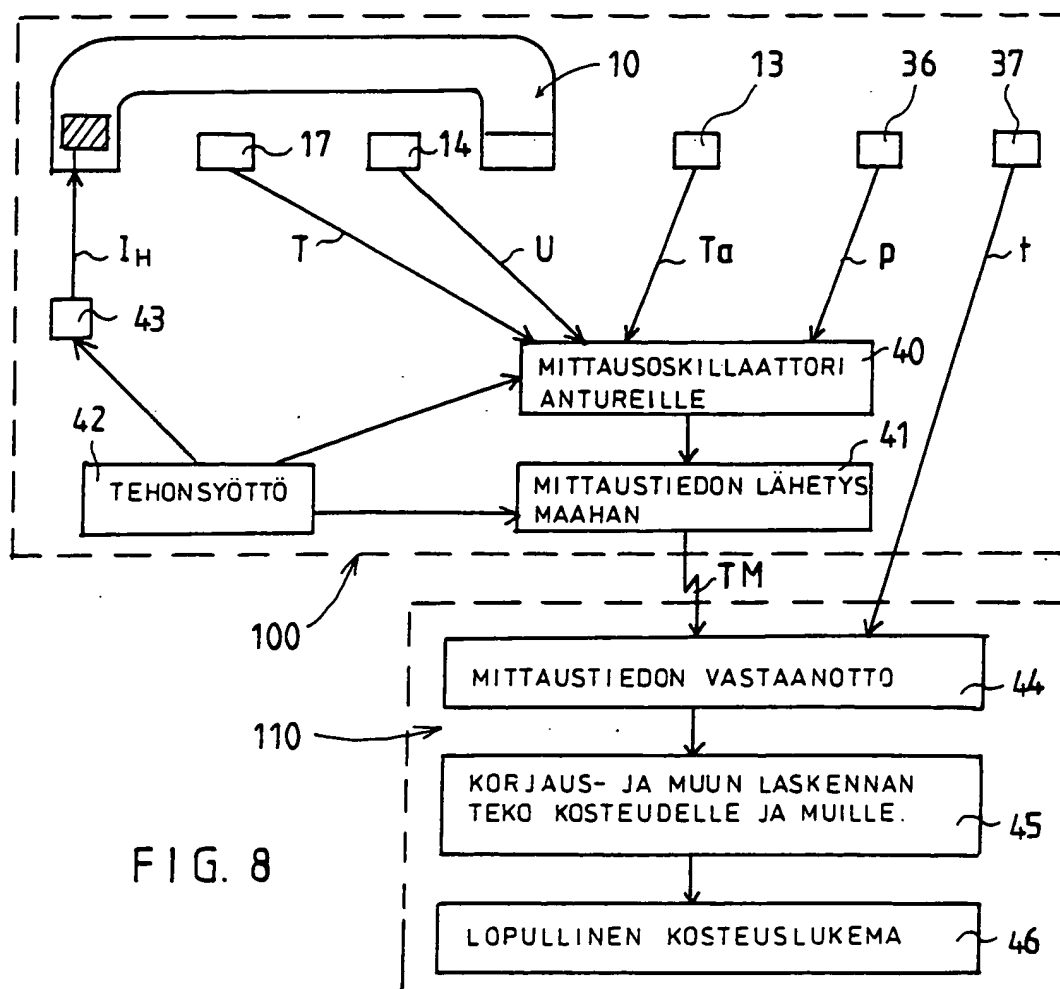
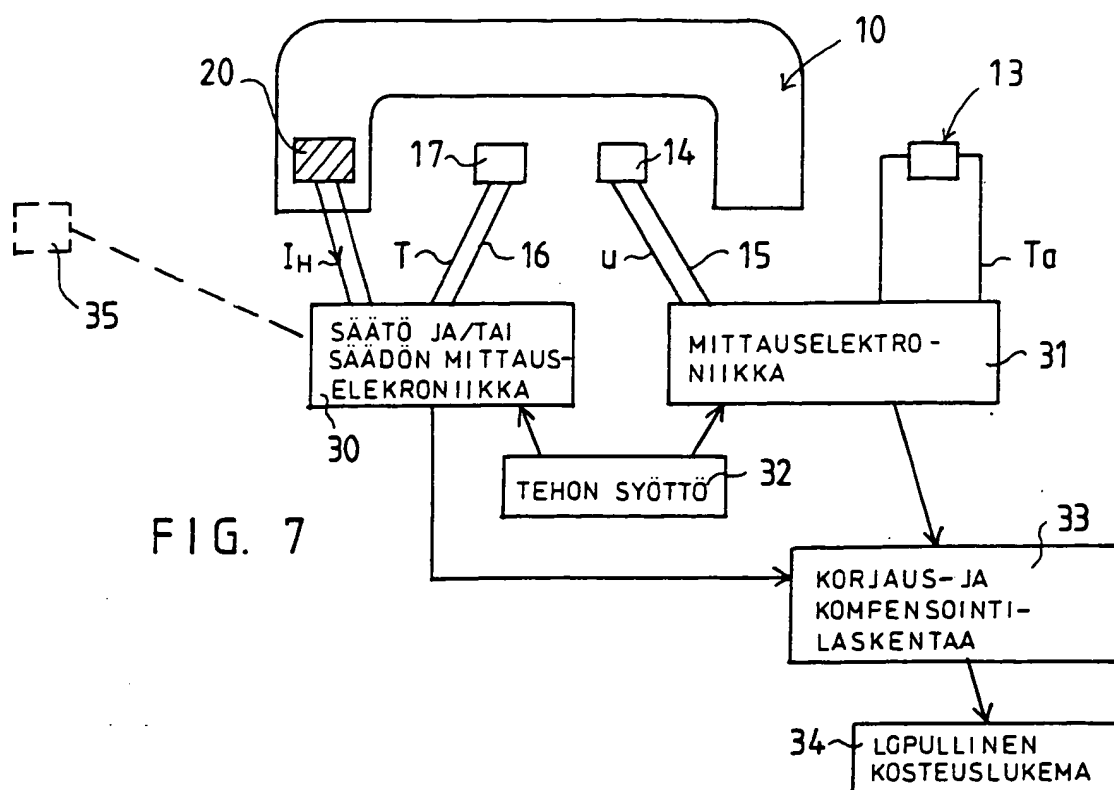


FIG. 6



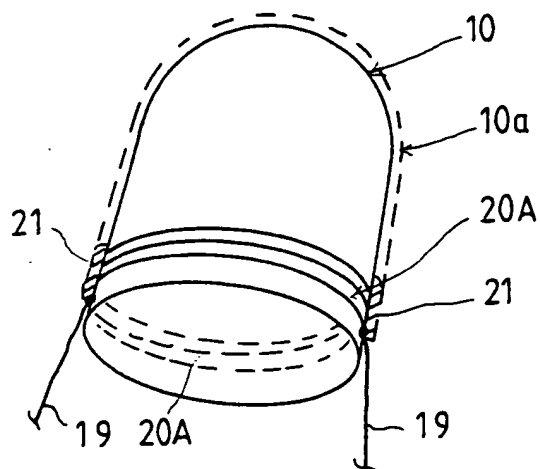


FIG. 9A

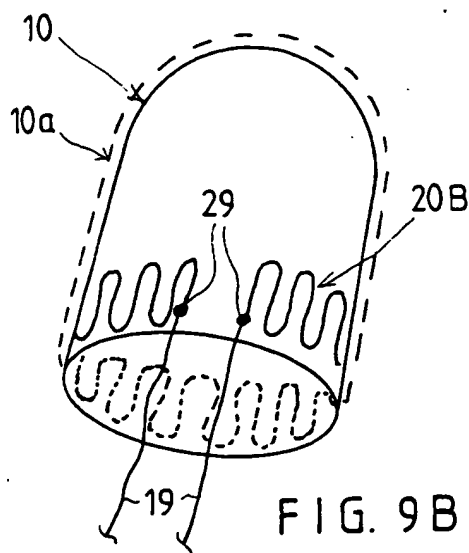


FIG. 9B

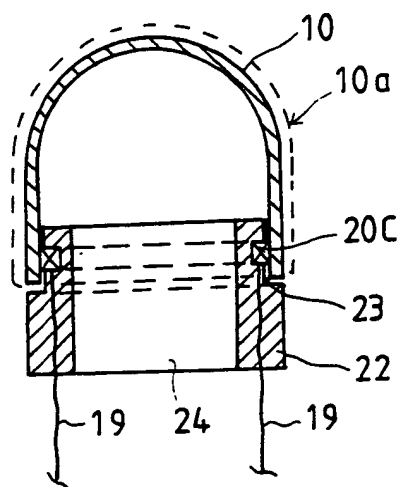


FIG. 9C

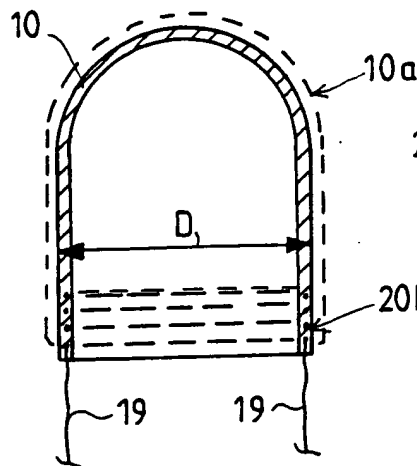


FIG. 9D

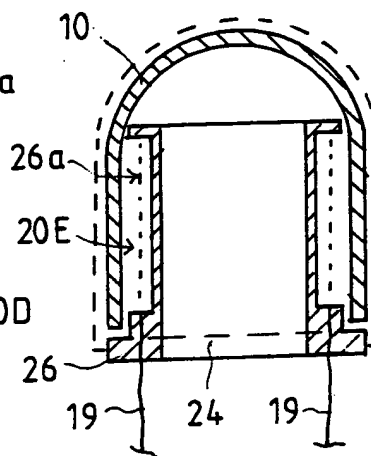


FIG. 9E

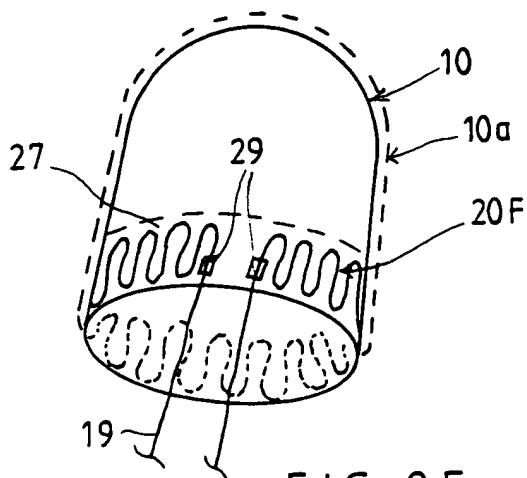


FIG. 9F

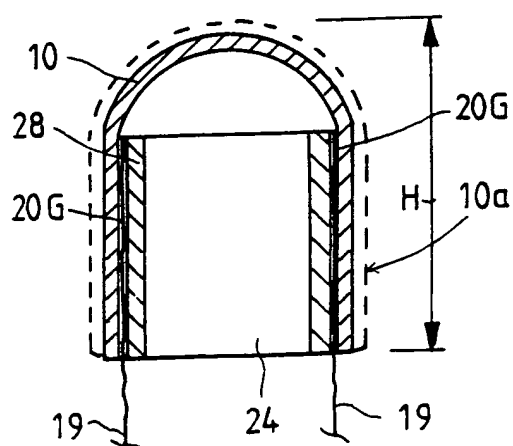


FIG. 9G

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**